

## 活性炭吸着による水中有機物の除去性

岐阜大学大学院 〇学生員 荒引 圭俊  
 岐阜大学流域環境研究センター 正員 湯浅 晶  
 岐阜大学工学部 正員 松井 佳彦  
 岐阜大学大学院 学生員 李 富生

### 1. 背景と目的

従来の標準的な浄水システムである急速ろ過法（凝集・フロック形成・沈殿・砂ろ過）に替わる固液分離プロセスとして、設備面積の縮小化・自動化・薬品注入不要などの利点を持つ膜ろ過プロセスが浄水処理に導入され始めている。膜ろ過プロセスによる除去対象物質は膜の分離孔径以上のサイズの懸濁物質・微生物・高分子コロイドであり、分離孔径以下のサイズの溶解性有機物質を除去することは出来ない。一方、活性炭吸着処理は、原水中に存在する多種多様な微量有機化合物の除去やトリハロメタン生成前駆物質であるフミン質などのバックグラウンド有機物の除去に有効である。そのため、活性炭吸着プロセスと膜ろ過プロセスを組み合わせることによって優れた有機物除去システムの構築が期待できる。

そこで、本研究では琵琶湖水を原水として、内圧型中空糸UF膜ろ過パイロットプラント（滋賀県長浜市下坂浜浄水場）に、活性炭吸着処理（固定層活性炭吸着処理）を後置したシステムにおける有機物の除去性を活性炭の種類や通水条件（通水速度）並びに、有機物の破過過程が吸着除去効率に及ぼす影響等の観点から検討した。

### 2. 固定層吸着実験

#### (1) UF膜ろ過パイロットプラントの概要

活性炭吸着処理を併用したUF膜ろ過パイロットプラントのフローを図1に示す。使用する膜モジュールは、中空糸UF膜（内圧型、セルロース系、膜の孔径10nm、排除限界分子量100000、膜面積7.2 $\text{m}^2$ 、中空糸内径0.93mm、外径1.67mm）である。

#### (2) 固定層活性炭吸着とUF膜ろ過プロセスによる有機物の除去性

固定層活性炭吸着処理を後置したUF膜ろ過プロセスの運転は次のように行った。UF膜ろ過装置により処理され膜透過水タンク内に貯留された膜ろ過水を定流量ポンプを用いて、通水条件の異なる6種類の固定層活性炭カラムに下向流で通水した。カラム通水条件を表1に示す。懸濁質抑制に伴う損失水頭の上昇を解消するために周期的に水道水による固定層活性炭カラムの逆流洗浄を行った。フミン質等のバックグラウンド有機物の指標として紫外部吸光度（E220nm、E254nm、E260nm）、TOCを測定した。

### 3 実験結果

#### (1) 活性炭銘柄ごとの吸着能力の評価

活性炭の吸着能力は、原水水質及び活性炭の銘柄によって異なる。そこで、E260の破過曲線を用いて、4種類の活性炭の吸着能力の違いについて検討した。

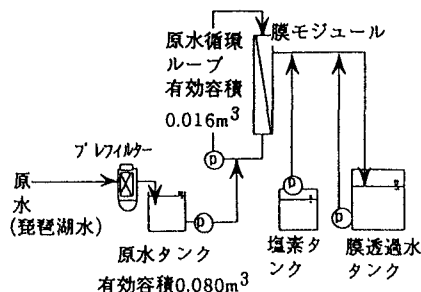


図1 UF膜ろ過プラントのフロー

表1 カラムの通水条件

| カラムNo.        | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 使用活性炭         | F400   | F400   | F300   | F300   | クレコルダ  | ダイヤ    |
| 有効径 (mm)      | 0.54   | 0.54   | 0.86   | 0.86   | 0.58   | 0.67   |
| 空筒速度LV (m/hr) | 7.5    | 15     | 15     | 22.5   | 15     | 15     |
| 空間速度SV (l/hr) | 5      | 10     | 10     | 15     | 10     | 10     |
| 活性炭層厚 (m)     | 1.5    | 1.5    | 1.5    | 1.5    | 1.5    | 1.5    |
| 充填量 (g-dry)   | 1354.8 | 1354.8 | 1354.8 | 1354.8 | 1354.8 | 1354.8 |
| 充填密度 (g/cm³)  | 0.46   | 0.46   | 0.46   | 0.46   | 0.46   | 0.46   |
| 流量 (mL/min)   | 245    | 490    | 490    | 735    | 490    | 490    |

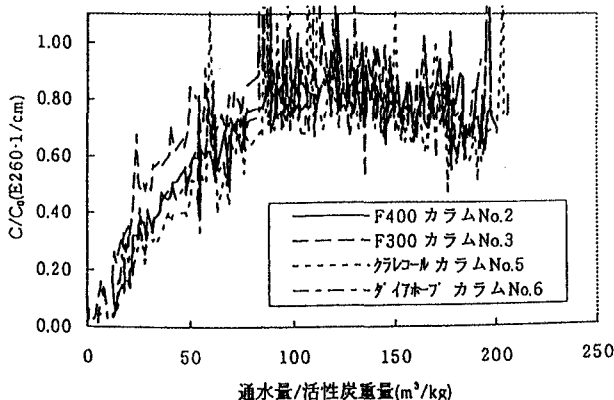


図2 4種類の活性炭の破過曲線

4種類の活性炭の破過曲線を図2に示す。図2より、クラレコール、ダイアホープ、F400、F300の順で吸着能力が高い。従って、琵琶湖水を原水とする膜ろ過と固定層活性炭吸着を組み合わせた処理プロセスに適した活性炭は、クラレコールである。ただし、クラレコールは、損失水頭が大きい。

#### (2) 活性炭吸着能力への通水速度の影響

固定層の活性炭の処理効率は、通水速度により異なる。そこで、通水速度の異なるカラムNo. 1とカラムNo. 2の破過曲線を用いて、通水速度の違いが活性炭の吸着能力に及ぼす影響を検討した。

カラムNo. 1とカラムNo. 2のE260の破過曲線を図3に示す。通水速度の影響は初期では、ほとんど見られない。しかし、時間が経つにつれて、通水速度の小さいカラムNo. 1の流出率が小さくなりつつある。しかし、流出率の差は、顕著でないため、流量の大きいカラムNo. 2の方が効率的である。ただし、損失水頭は、カラムNo. 2の方が大きい。

#### 4 シミュレーション

シュミレーションモデルとしては、押し流れ・細孔内表面拡散モデル(PFHSDM)を用いて計算を行った。

各活性炭の吸着容量特性は、回分吸着を行い、Freundlich等温式( $q=KC^{1/n}$ )によって、吸着強度K、定数nを決定した。図1に回分吸着実験結果を示す。また、液境膜物質移動係数 $k_f$ は、Sherwood数、Schmit数、Reynolds数の関数として、Wilson-Gesnkoplisの相関式から求めた。表面拡散係数 $D_s$ は、固定層吸着実験結果に対し、最適であるものを検索した。

表2に決定されたパラメータを示す。平均吸着強度が大きくなる程表面拡散係数が小さくなる傾向があることが分かる。また、図5に固定層回分吸着(活性炭カラムNo. 5)の結果とそのシュミレーション結果を示す。全般的に、実験結果を再現していると言えるが、300日を越えた頃から、シュミレーション値と比較して低い傾向があることが分かる。この傾向は、他のカラムに於いても見られた。これは、夏にあたり、カラム内に、生物が発生したためUF膜水が生物処理され、結果として、活性炭吸着現象以外の要因が含まれたためであると考えられる。

#### 5 まとめ

固定層吸着実験に於いて、琵琶湖水を原水とした場合最適である活性炭は、クラレコールであることが確認された。また、通水速度の影響は、通水速度が大きなカラムNo. 2がカラムNo. 1と比較して有効であることが分かった。最後に、シュミレーションに於いては、実験値の挙動をほぼ再現することが出来た。今後は、生物処理の効果も含めたシュミレーションモデルの構築をする必要がある。

参考文献 湯浅、フレデリック、野中、松原、林本：

岐阜大学地域共同研究センター研究成果報告書「粉末活性炭吸着とUF膜ろ過による水中有機物の除去」：平成7年5月 第5号

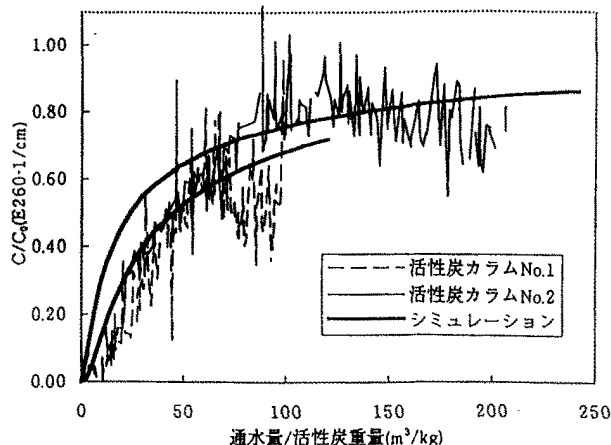


図3 通水速度の違う場合の破過曲線

表2 決定されたパラメータ

| カラム | 吸着強度 K<br>(1/cm) <sup>(1/n-1)</sup> /(g/L) | 定数 n<br>(-) | 液境膜物質移動係数<br>(cm/s) | 表面拡散係数<br>(cm²/s) |
|-----|--------------------------------------------|-------------|---------------------|-------------------|
| 1   | 161.7                                      | 1.14        | 0.00082             | 9.80E-13          |
| 2   | 161.7                                      | 1.14        | 0.00104             | 9.80E-13          |
| 5   | 23.3                                       | 1.88        | 0.00109             | 1.50E-11          |
| 6   | 65.1                                       | 1.56        | 0.00081             | 2.50E-12          |

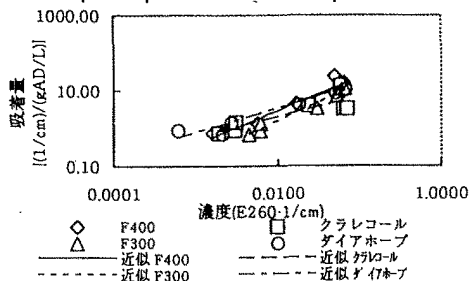


図4 回分吸着実験結果

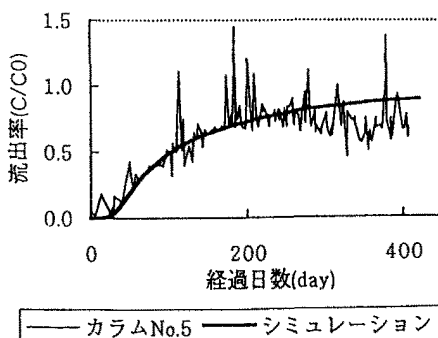


図5 シミュレーション結果